

Title	日本の工作機械メーカーにおける製品開発システム
Author(s)	小林, 正人
Citation	経済論叢 (2001), 167(3): 60-88
Issue Date	2001-03
URL	<a href="http://dx.doi.org/10.14989/45404">http://dx.doi.org/10.14989/45404</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

# 經濟論叢

第 167 卷 第 3 号

渡邊 尚教授記念號

---

献 辞	本 山 美 彦	
大戦間期ドイツ電機工業における 流れ作業の導入と展開	今 久 保 幸 生	1
両大戦間期ドイツにおける 工作機械工業の地域構造	幸 田 亮 一	23
救貧法から相互扶助へ	廣 重 準 四 郎	43
日本の工作機械メーカーにおける 製品開発システム	小 林 正 人	60
北タイにおける在来織物業の発展と その生産形態について	上 田 曜 子	89
中小企業の変質とその競争力	蘇 顯 揚	108
スコットランドの綿工業の発展過程	林 妙 音	130
貧困削減政策の実効性に関する一考察	大 平 剛	146

渡邊 尚 教授 略歴・著作目録

---

平成13年 3 月

京 都 大 学 經 済 學 會

## 日本の工作機械メーカーにおける 製品開発システム

小 林 正 人

### I は じ め に

第二次大戦直後の日本において、機械技術の基礎となる工作機械における欧米とのあいだの大幅な技術格差は重要な政策課題であった。続く高度経済成長期には工作機械の生産量は増加したものの重要な工作機械の輸入依存は続いた。しかし1970年代に工作機械の NC (numerical control, 数値制御) 化が日本国内で急速にすすみ、これを契機に日本の工作機械産業は日本を代表する輸出産業の1つへと成長した。日本の工作機械生産額（切削型のみ）は1981年に旧西ドイツを抜き、翌年にはアメリカをも上回って以来、世界第1位の地位を維持しており、世界の工作機械生産額の30%近くを占めている。また輸出額（切削型と成形型の合計）でも、ながらく世界最大の地位にあったドイツを1993年に凌駕し、日本は工作機械の世界的な供給国となっている。これがこの50年間に生じた大きな変化の概要である。

日本の工作機械生産額の大半は NC 工作機械が占めている。その割合は年々上昇して1999年には約85%に達した。機種別では NC 旋盤が20%強、MC (machining center, マシニングセンター) が30%弱を占め、両者で50%を超えている。また輸出額でも NC 工作機械が約80%を占めており、機種別では NC 旋盤が約25%、MC も約25%と両者で半分を占めている。

日本の NC 工作機械がこのような輸出競争力をもつようになった理由の1つはメーカーの量産規模である。日本の NC 旋盤における3大メーカーの年

間生産台数は、バブル経済の時期には3社とも5000台を超え、最近でも3000台に達している。またMCの3大メーカーの年間生産台数はバブル経済の時期には3社とも2500台を超え、最近では生産台数で第1位のメーカーは3000台を超えた。機種の多様化が進んでいるとはいえ、これだけの量産規模のあるメーカーは欧米ではごく限られており<sup>1)</sup>、量産効果によるコストダウンが価格競争力の源泉であることは否定できない<sup>2)</sup>。航空機用などの特殊な工作機械ではなく、通常の機械加工用のNC工作機械では日本のメーカーの競争相手は海外にはほとんどない。このような日本の躍進は、日本メーカーどうしの激しい競争をつうじて促進された。

しかし日本製NC工作機械の輸出競争力の理由として、その製品の品質の高さも指摘しなければならない。日本の工作機械メーカーは、サイズや機能が異なる機種をとりそろえて製品をシリーズ化し、しかもその製品シリーズを数年おきにモデルチェンジし、そのたびに新しい技術を取り入れてきた。特定の専門機種に特化するのではなく、新しい工作機械製品を次々と開発しながら漸進的に改良を重ねる製品開発力も日本の輸出競争力の源泉である。これは量産体制の前提でもある。

それでは日本の工作機械メーカーはどのようなシステムのもとで製品開発を進めているのか、日本製工作機械の輸出競争力の背後にはどのような製品開発システムがあるのか——これが問題になる。工作機械メーカーの製品開発の内実を見るため、筆者は日本の代表的なNC工作機械メーカー2社に対する訪問調査を何度か行ってきた。この調査において念頭に置いた問題意識は下記

1) 米国で Fadal Engineering, Haas Automation などが NC 工作機械の量産メーカーとして登場している。Fadal は1995年に Giddings & Lewis 社の傘下に入り、この Giddings & Lewis が1997年に Thyssen AG により買収された。Haas は MC や NC 旋盤を年間2,000台以上、Fadal は立て形 MC を2,000台近く生産していると推定される。

2) この背景には、NC 工作機械の製品技術が標準化したこともある。次の指摘を参照。「NC 機の場合、モーター、アクチュエーターとリニアガイド等の組み合わせで機械ができる方式では、独創的なアイデアが生まれにくい状況となっており、企業の持ち味がなくなり、誰でもが製品化可能となって低価格指向とならざるを得ない」(日本工作機械工業会技術委員会技術開発部会 [1995] 7 ページ)。

のとおりであった。

第1は製品開発のための組織の編成や運営の実際である。社内の部課の構成とあわせて、製品開発のためのプロジェクト・チームの編成や運営のあり方にも注目した。運営について注目したのは技術者間のコミュニケーションであり、とりわけ機械設計技術者と電気技術者の連絡調整である。NC工作機械は機械技術と電子技術の融合体であり、とくに電子技術の進歩がNC工作機械の技術発展を主導してきた面がある。また機械技術者と電気技術者は大学教育の内容、考え方に違いもある。新しいNC工作機械の開発において、社内の機械技術者と電気技術者とのあいだの権限の違い、その上での協調関係の進め方に注目した。また、NC工作機械を構成する多数のユニットの中で中核的な意義をもつ主軸とNC装置の開発には焦点を当てた。

第2は製品開発部門と製造部門との協調・連携である。日本の工作機械メーカーの競争力の要因には量産を指向した製造システムがあるが、工作機械のような複雑な機械製品を量産にのせるには設計の時点で製造し易さ(manufacturability)を考慮しなければならない。設計する技術者と製造部門との日本的な連携の特徴については自動車産業において先駆的な研究<sup>3)</sup>があるが、ここでは日本の工作機械メーカーの実態が問題となる。

第3は製品設計作業におけるCAD(コンピューター支援設計)システムの利用である。CADの導入と利用がどのように進展し、それが設計作業や開発期間にどのような効果をもたらしたのか、設計図面のデジタル化が機械技術者と電気技術者、設計技術者と製造部門との連携を変化させたのかどうかである。

第4は技術者の能力養成の方法である。日本企業の社員の教育訓練では一般に新入社員教育、OJT、配置転換が重視されているが、工作機械メーカーでは製品開発力の源泉である技術者の能力養成をどのようにすすめているのかで

3) Clark & Fujimoto [1991] pp. 221-222 は、日本の自動車メーカーにおける工程エンジニアから製品エンジニアにたいする積極的な提案を強調している。なお邦訳では manufacturability は「製造可能性」と訳されている。

ある。

最後に第5として、工作機械メーカーと他の企業との関係である。日本の工作機械メーカーは多数の機械部品や電気装置を購入ないし外注している。また加工外注もある。ここではとくに製品開発と関連する他企業との関係に注目した。

次に、訪問調査の対象になった2つのメーカーの概要を紹介する（第1表を参照）。A社は大战前創立の工作機械メーカーで、高度経済成長期には普通旋盤の量産メーカーとして成長し、現在はNC旋盤とMCにおける日本の代表的メーカーとなった。A社は、NC工作機械の中核部品であるNC装置を

第1表 A社とB社の会社概要（1997年）

	A 社	B 社
従業員数（人）	1400	850
製品構成		
NC 旋盤	40%	—
MC	41%	55%
NC 研削盤	5%	2%
NC フライス盤	—	10%
NC 放電加工機	—	18%
国内市場シェア		
NC 旋盤	14%	—
MC	10%	7%
NC 研削盤	18%	—
NC フライス盤	—	33%
NC 放電加工機	—	11%
売上高（対前同ピーク比率）	80%	103%
輸出率	52%	40%
研究開発費（対売上高比率）	4%	—
経常利益率	3%	9%
従業員当たり売上高（百万円）	67.80	75.17
従業員当たり経常利益（百万円）	2.33	6.90
海外子会社数	5	5

注：MC はマシニングセンターの略。国内市場シェアは生産台数ベース。

1963年に独自に開発して現在に至っている。他の NC 工作機械メーカーは NC 装置を社外の専門メーカーから購入している。

A社は独自の NC にもとづいて1966年に NC 旋盤を、68年には MC を開発した。現在では売上高のうち NC 旋盤が約40%、MC も約40%を占めている。日本の NC 旋盤業界では生産台数の上位3社で全体の40~50%を占めているが、A社は1990年代をつうじて上位3社の1つであった。また、A社は MC の生産台数でも上位3社（合計約40%）の1つであり、約10%のシェアを占めている。A社の NC 旋盤の生産台数は90年代末で3000台近くに達し、MC では1500台を超えた。

一方のB社は、大戦前創立のフライス盤専門メーカーで、高度成長期の量産機械産業の拡大とともに急成長した金型加工用工作機械のメーカーとして地位を確立した。また1958年には日本の民間企業としては初の NC 工作機械（NC フライス盤）を開発し、世界初の MC がアメリカで開発されてから10年後の68年に MC（ATC 付き）を開発するなど、日本の代表的な MC メーカーの1つとなった。

B社の売上高のうち、かつては NC フライス盤と MC が並んでいたが、現在では MC が60%以上になっている。日本の MC 業界では上位7社で総生産台数の40%以上を占めるが、B社は1990年代をつうじて6位以内、7%前後のシェアを保っている。また年間生産台数は1000台まで回復した。

このように両社は日本を代表する NC 工作機械メーカーであるが、バブル経済の崩壊後には工作機械受注の激減により甚大な影響をうけた。A社の売上高はピークを記録した1990年度に対して93年度は15%にすぎなかった。98年度の売上高はピーク時の半分まで回復したが、99年度には減少した。一方、B社の売上高は1991年度にピークとなったが、94年度にはピーク時の40%にとどまった。97年度には売上高が新しいピークを記録したが、98年度には減少した。

本稿の主な調査時期は1995~98年であるが<sup>4)</sup>、これはバブル経済崩壊後の受

4) A社への訪問調査は1994年11月、1995年12月、1997年9月、1998年4月、同10月に、またBノ

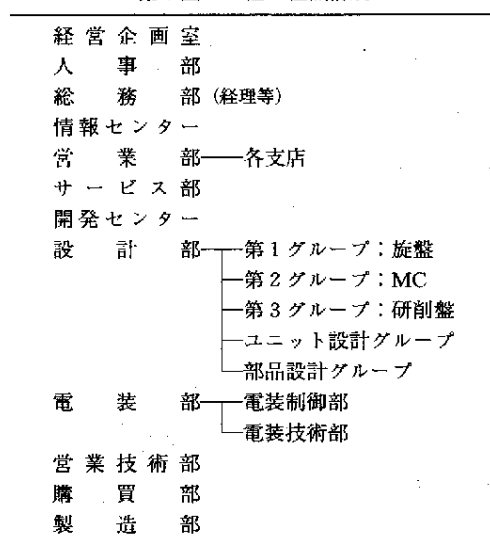
注激減からメーカーが徐々に立ち直り、新たな製品開発戦略が展開された時期である。なおA社についてはNC旋盤の開発が、B社はMCの開発が主な調査対象となっている。

## II A社の製品開発システム

### 1 社内組織

第1図に示すように、A社には製品開発にたずさわる組織として開発センター、設計部、電装部の3つの部署がある<sup>5)</sup>。開発センターは研究開発を遂行するところで、主軸や案内面に関連した新技術の開発、工作機械の試作機のテ

第1図 A社の組織構成



5) 本稿では各企業の内部組織の名称は必ずしも実際と同じではない。  
 \社へは1994年11月、1998年4月、同7月に行なった。ちなみにA社への最初の2回とB社への最初の1回はDr. Ulrich Jürgens と Inge Lippert との共同調査であった。なお、この調査研究に対して貴重な時間を割いて借しまぬ協力をいただいた幾多の方々にこの場をお借りして厚く御礼申し上げたい。



ストなどを担当する。ここに所属する技術者は大学で機械工学を専攻した人が70%を占めており、大学院卒業者は少ない。設計部は新しい工作機械の機械設計を担当しており、NC 旋盤、MC、研削盤の3グループと、これらをサポートする2グループの合計5グループに分かれている。電装部には2つの課があり、1つはNC 装置、モーターなどの生産を担当し、もう1つはNC 用の基本ソフトウェアと応用ソフトウェアの開発、そしてNC 装置の設計を行なう。

## 2 製品開発戦略と開発期間

A社は、5年から7年おきに工作機械の新シリーズを開発してきた。それは製品に体化された技術が陳腐化する時期を見越して行なわれてきた。たとえば1978年に始まったあるNC 旋盤シリーズでは6機種が開発されたが、1988年にはそのうちの2機種の生産が中止された。このシリーズは2つの製品シリーズに継承された。そのうちの1つは1982年に始まり、11機種が開発されたが、そのうち3機種は5年で生産が中止された。もう1つの製品シリーズは1986年に始まり、7機種が開発されたが、1993年からは新しい製品シリーズへとモデルチェンジされた。つまりシリーズとしての製品寿命は7年ほどであった。1997年時点でA社におけるNC 旋盤の製品シリーズは3種類となった。このようにNC 旋盤の製品をシリーズ化し、その中の機種を漸次改良しながら、数年おきには全面的に新しい製品シリーズへと切り替えていく戦略は、日本のNC 工作機械量産メーカーには共通している。これが日本の工作機械メーカーどうしの製品開発競争の所産であり、日本の国際競争力の要因でもある。

製品の開発期間（市場調査から製品としての完成までの期間）は20年前には2年だったが、10年前には12か月が普通になった。1992年には、小形かつ安価で、よく売れたNC 旋盤が、8か月ないし10か月で開発されたこともあった（あとの第2図を見よ）。ただし1994年までに、さまざまな周辺装置や自動化装置を装備できるNC 旋盤を開発したときには平均して14か月かかった。とはいえ開発期間の短縮はやはり重視されている。

前回の好景気の時には、高価でも高級で多機能な工作機械を購入するユーザーが多かった。不況に入るとともに、より小形で安価、機能が絞り込まれた工作機械をユーザーは求めるようになった。それはユーザーが自動車部品などの製品のコストを低減せざるをえなくなったからである。そのためA社は部品を複数の機種的工作機械で使えるようにする、つまり部品の共通化をすすめた。さらに海外からの部品調達や、機能が限定された工作機械の開発などに取りくんだ。しかし受注の回復とともに顧客の要求が変化し、多機能な工作機械、あるいは自動装置を装備できる工作機械を開発するようになった。

同社の機械設計者が重視しているのは工作機械の部品点数をできるだけ減らすことにより、製造工程とくに組立工程の作業数を減らし、コストを削減することである。

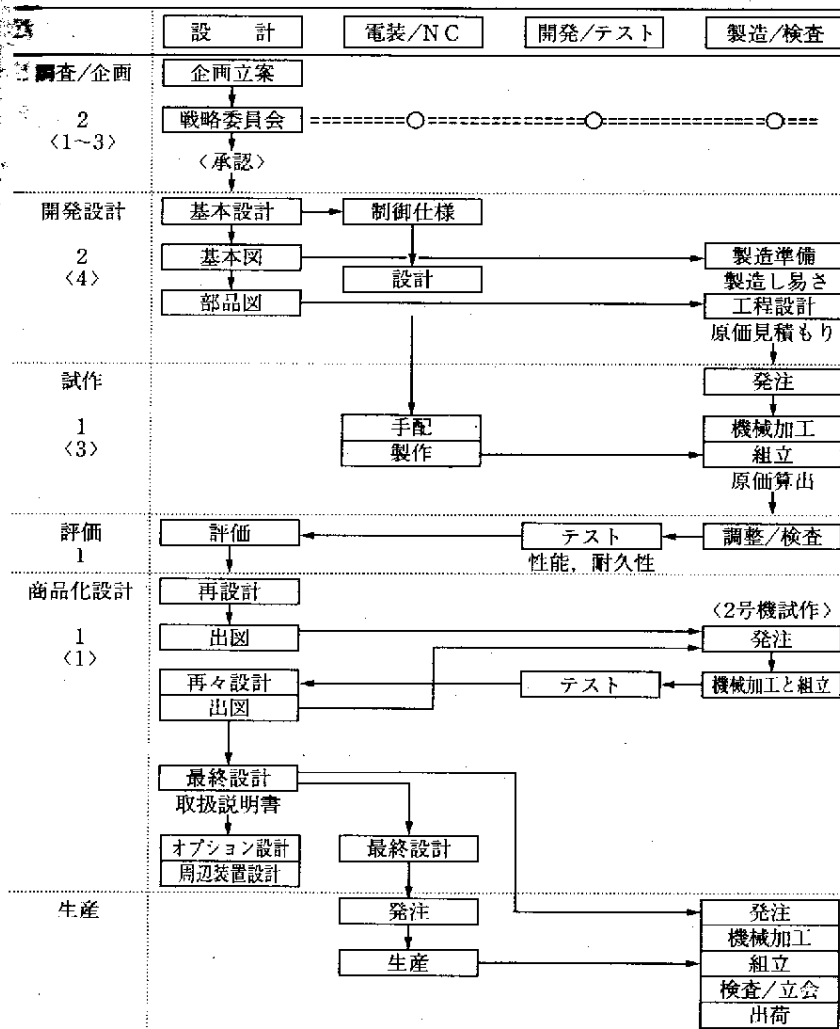
### 3 製品開発プロセス

第2図は、1992年に開発されたあるNC旋盤のための開発手順を示す。第1段階の「調査／企画」は、一般には概念設計または構想設計（どちらも concept design）と呼ばれる段階である。新しい機械の概念／構想を開発するときに、主軸の性能とNCの機能が検討されて決定される。

NC旋盤の場合、設計部の第1グループに所属する機械技術者が構想設計の原案を作り、毎月開かれる戦略委員会にこれを提出する。同委員会は全社的な委員会であり、営業、設計、電装、製造、サービスなどの部門から代表が出席する。この委員会で、設計部の機械技術者が提案した構想が検討され、顧客のニーズ（営業部が日常的に収集している情報）との対応が吟味され、競争他社の製品仕様と比較され、売上予想が議論される。そして新機械の仕様、開発期間、生産コスト、発売価格がこの委員会で決定される。

工作機械の新シリーズの開発、いわゆるフルモデルチェンジの場合、戦略委員会は構想設計案を承認するのに2～3か月かける。承認された後は、約4か月かけて、基本設計、基本図作成、部品図作成が順次行われる。

第2図 A社の新製品開発手順（小型NC旋盤の事例。1992—1993年）



注：表側の数字は期間（月数）、&lt; &gt; 内は平均的な期間（月数）。

NC旋盤の設計の場合、1人のチーフ・エンジニアと、その下につく数名のリーダー・エンジニアが1つの製品シリーズ全体の開発を担当する。各リーダー・エンジニアは製品シリーズの中の1機種を担当し、その下で数名のエンジニアが開発にあたる。エンジニアたちは、戦略委員会の決定にもとづきながら、必要なときはいつでも打ち合わせを行い、進捗状況を各上司にひんばんに報告する。

基本設計ができると、NC装置の制御仕様が電装部に伝達される。電装部の電気技術者は新しい工作機械に使うNC装置の設計を開始し、試作機の製作までにNC装置の試作品を製作する。また製造部は基本図ができると、これをもとに製造準備を開始する。生産期間をできるだけ短縮するためである。

部品図ができると、試作機の製作が始まる。これは平均して3か月かかる。試作機は開発センターで約1か月かけてテストされる。テストの結果を評価するのは、設計を担当した機械技術者たちである。機械の性能とならんで所期のコストから見た製造し易さも評価の対象である。ここで何か問題があれば、機械の再設計が始まる。ここから始まるのが、性能だけでなく価格面でも売れる機械に仕上げるために試作機を改良する工程であり、A社ではこれを「商品化設計」と呼んでいる。もし必要ならば2台目の試作機が製作され、再度テストし評価する。普通は2～3台の試作機が製作されテストされる。この商品化設計には1か月かかる。

最終的な設計図が完成すれば、その結果が電装部に伝達され、NC装置をはじめとする電気装置が生産されるようになる。また製造部にも伝達されて、機械の生産が始まる。そのあとで機械技術者たちはオプション機器や周辺装置の設計を始める。

A社は部品図作成作業を、設計力に問題のない社外の設計会社にできるだけ外注するようにしている。それは社内の技術者を新製品の構想設計にできるだけ集中させたいからである。A社でNC旋盤の新機種が開発される場合、構想設計が社内で行なわれたあと、部品図の50～60%は社外の設計会社に外注さ

れる。この外注比率は上昇してきた。外注される部品図のうち、20～30%はA社の100%子会社（社員のうちの機械技術者は約30人）に外注され、残りは約50社の設計会社（1社の技術者数は1～6人）へ発注される。

A社の新製品開発の方式はいわば「漸進的开发」である。戦略委員会は毎月、多様な機種について市場動向を検討する。営業部の代表者が工作機械の市場動向について同委員会で報告し、その示唆をふまえて機械技術者が構想設計案を出す。再検討委員会と呼ばれるもう1つの委員会があり、ここでは既存の製品シリーズを見直し、たとえば生産を中止すべき機種や、既存の機種のユニット（NC装置や主軸）のうちどれを改良更新すべきかなどを決める。このようにして5年あるいは7年の間に、製品シリーズやその中の機種の内容が徐々に改良されていく。そして次の新しい製品シリーズを開発するときは、これらの改良と市場の反応をふまえて、戦略委員会が新しい製品シリーズの構想（concept）を決定するのである。

1992年に開発されたある新機種は、既存のシリーズの中のある機種の設計の約40%を継承したものであったが、高速・低価格というユーザーのニーズに応えるために主軸、タレット割り出し機構、NC装置が更新された。A社の開発期間が前述のように短縮された理由はここにある。

次に、主軸とNC装置の開発について詳細に見ていく。

#### 主軸の開発

開発センターには主軸を専門とする技術者が数名いる。この技術者はそれぞれ、特定のタイプの主軸全体を担当し、先進的な主軸の開発に専従している。彼らは主軸の試作品を製作し、それを評価し、よりよいものに改良する。主軸のコストを削減するため、部品数が少なく、回転精度が高い主軸の開発がめざされている。

新機械を開発するときには、機械技術者は構想設計の段階で、すでに開発されている主軸の中から新機械に最適なものを選択する。ときには新機械に適した主軸へと改造されることもある。

### NC の開発

設計部の機械技術者は新機械に必要な NC 装置の仕様ならびに機能を決める。これを決めるために、あらかじめ電装部から NC に関する技術情報を手に入れることもある。機械技術者が決めた仕様と機能に従って、電装部の技術者が NC のハードウェアとソフトウェアを設計する。

A 社は NC 装置の組立を別会社に外注している。さらに NC ソフトウェアの作成も外部のソフトウェア会社に外注している。

新しい世代の NC 装置が開発されるときは（たとえばマイクロプロセッサが新世代のものに変わるとき）、そのソフトウェアも大幅に変わるが、同一シリーズ内の機種 of ソフトウェアは基本的には同じである。ある機種に ATC（自動工具交換装置）などの特別な装置を付加するときには、専用のソフトウェアが開発されて、基本ソフトウェアに追加されるのである。

### 4 サプライヤーおよび他企業との関係

A 社に納品するサプライヤーは300社以上あり、標準部品を A 社に納入するところと、A 社が設計した特殊な部品を納入するところがある。A 社より規模が大きい会社もあり、NC 装置の CRT（表示装置）、集積回路、ボールねじ、主軸部品（軸受、ばね、大形モーター）などのさまざまな品物を供給している。そのほか、新機械のための部品図の作成、NC 装置の組立、NC ソフトウェアの作成、機械加工や板金加工などを請け負うサプライヤーがある。

A 社の協力会には約100社のサプライヤーが加盟している。その中には A 社より規模が大きいサプライヤーもあるが、従業員数の平均は20～30人である。

A 社とサプライヤーとの共同開発は限られた分野でしか行われていない。たとえば ATC マガジン（工具収納装置）のカバー、NC 旋盤の潤滑機構などである。

## 5 製品開発における設計部門と製造部門との協調

戦略委員会に出席する製造部の代表者が問題にするのは製造し易さである。これは特に製品構想を決める段階で検討されなければならない。製造し易さが製造コストの上昇を抑え、ひいては製品の価格競争力を左右するからである。しかし製品構想については、営業部からの意見のほうが影響力が大きい。営業部はユーザー・ニーズについて日常的に豊富な情報を持っているからである。

部品図の作成が始まる前には、機械技術者と製造部との間で何度も打ち合わせが行われて新製品の製造し易さについて検討がなされる。また再設計の段階でも打ち合わせがある。もし設計ミスが見つかったときは、開発が予定より遅れないようにただちにミスを修正する責任が技術者にあるとされている。製造部が製品設計を修正することは許されておらず、設計にたいする最終責任は機械技術者にある。そもそも最終的な製品コストにたいする責任は機械技術者にある。従って、社内の製造設備の能力については詳細な知識をもった上で設計することが要求されている。もし、重要な部品が社内の製造設備では製作できないことがわかった場合、技術者は製造部の責任者に意見を出し、製作を請け負える会社を見つけるか、必要な設備を新たに購入するかが検討されることになる。

## 6 CAD および CAM

設計部は以前から2次元CAD（コンピューター支援設計）システムを使っていたが、1994年に安価なCADシステムに全面的に更新された結果、パソコン・ベースのCAD端末がすべての機械技術者に1つずつ割り当てられるようになった。A社では部品図の90%が2次元CADを使って作成されている。CADシステムが更新されるまでは、フォーマットが異なるCAD図面を別の形式に変換するという作業が煩雑であったが、更新のあとは、社内の技術者と社外の設計会社とが共通のCADシステムを使えるようになった。このためデータ変換が不要になったが、それによって設計時間の短縮も実現したとは言

えない。

3次元 CAD システムも数台あるが、主な用途は機械の構造解析である。熱変位のシミュレーションなどは CAD 上ではむずかしく、また2次元 CAD のデータがそのまま使えないためデータ入力に手間がかかり、コストに見合う効果は出ていないとされた。

大形の工作機械部品については、製造部の生産技術課が CAD データを直接 CAM (コンピューター支援製造) データに変換して、部品加工用の NC プログラムとして使う。しかし大形部品は工作機械部品数の4%にすぎない。部品加工に必要な NC プログラムの大部分は、CAD で作られた設計図にもとづいて工場の作業者が作成している。

電装部の技術者が使う CAD は NC 装置などの回路設計用の CAD であり、設計部の機械技術者が使う CAD とは違う。そのため NC 装置の仕様をデジタルな情報で伝達する必要はなく、設計部は文書で電装部に伝達していた。

## 7 人材養成

教育訓練は主に OJT で行なっているので、配置転換が重視されている。人事部は毎年80人の社員の職場を変える計画を作って実施している。各部内の配置転換は毎月行われている。部から部への配置転換の例としては、製造部から設計部へ、設計部から営業技術部へ、営業技術部から電装部へ、そして製造部からサービス部へなどがある。しかし重要なポジションにいる社員でこれまで配転されなかった人もいとされている。たとえば設計部の第1グループにいる NC 旋盤の熟練技術者の配転、NC 旋盤グループと MC グループとの間の配転、設計部と電装部との間での配転はこれまで (1995年まで) なかった。

社員が製造経験を持つことが重視されている。新入社員は最初の6か月間に実習工場では機械加工、組立、設計について基礎訓練を受ける。そして次の1年半の間に製造部のさまざまな部署で経験を積むことになっている。



## 8 生 産

A社の工場では多数のFMS（フレキシブル生産システム）が稼動している。1つは、主軸部品の機械加工専用のFMSで、NC旋盤3台と特殊な中ぐり盤1台とで構成され、大きさが異なる20種類の主軸部品を生産している。さらに8基のFMSが1998年3月までに稼動しており、NC旋盤のベッド、テーブル、タレットなどの部品を製造している。ただしこれらのFMSはMC用部品の機械加工にも使われている。各FMSは2台から6台のMCによって構成されており、一定の形状で（角形か丸形か）、一定の範囲内の大きさの部品を製造するように設計されている。これらのFMSは昼間は約30人の作業員によって運転され、夜間は無人で動かすことができる。

A社におけるNC旋盤の組立工程について注目されるのは、移動組立方式を採用していることである。NC旋盤の移動組立ラインは6本あり、そのうちの1つはさまざまな機種種のNC旋盤を組み立てられるようになっているが、他の5つはそれぞれ1つのNC旋盤シリーズの組立用である。各組立ラインには加工ステーションが10あり、数時間おきにステーションが移動する。

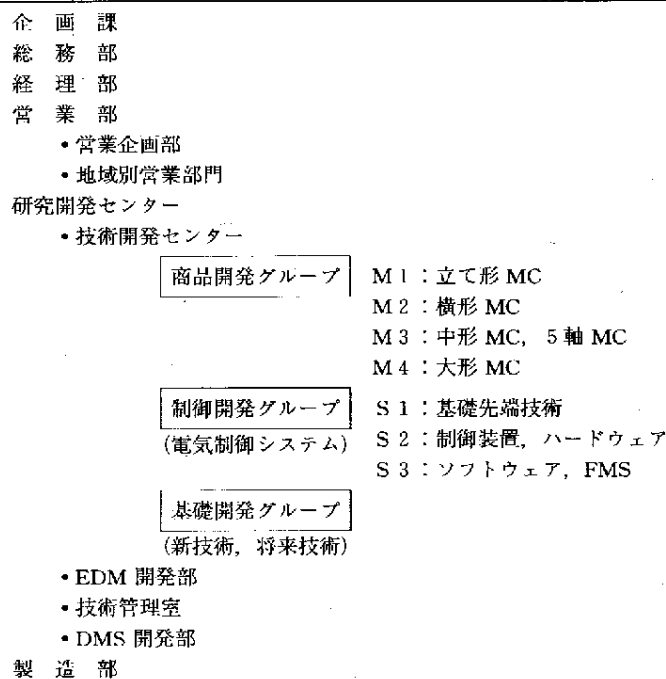
## III B社の製品開発システム

### 1 社内組織

B社は1990年に研究開発センターを設立した。ここが新しい工作機械の研究開発にとって中核的な役割を果たしている。

第3図に示すように、研究開発センターには技術開発センターとEDM開発部の2つの組織がある。技術開発センターには3つのグループがあり、第1のグループが機械設計を担当する商品開発グループである。商品開発グループには4つの課があり、各課がそれぞれ一定の分野の工作機械を担当している。技術開発センターの第2のグループである制御開発グループは電気制御システムの開発を担当しており、3つの組織がある。第3のグループは基礎開発グループで、特別な主軸モーターやサーボ・システムなど、将来の製品への必要

## 第3図 B社の組織構成



注: MC=machining center, マシニングセンター

EDM=electric discharge machine, 放電加工機

DMS=die and mold system, 金型自動加工システム

性が予測される技術の研究開発を担当している。技術開発センターの中の各組織には7人から25人の技術者が所属している。

B社は研究開発センターの中に EDM 開発部を設置して新しい EDM (放電加工機) の開発にあたっている。さらに DMS 開発部は新しい金型自動加工システムの開発にあたっている。

研究開発センターに所属する技術者の80%は機械技術を専攻した人々であり、20%が電子技術の専攻である。大学院の卒業者の数はわずかである。

製造部には2つの工場があり、それぞれに機械加工工場と組立工場がある。

## 2 製品開発戦略と開発期間

B社が新製品を開発するときは市場調査に3か月から1年をかける。同社は汎用工作機械メーカーであるため、大多数のユーザーのニーズに応えられるような機能をもつ工作機械の生産を主眼としている。日本国内では同社製品のユーザーの70%は金型メーカー、30%が機械部品メーカーで、後者のうちの60%以上は自動車部品メーカーである。

プライス盤で見ると、その開発期間はかつては2年であり、最初の1年は設計に、あとの1年は製品を商品として完成させるための期間であった。最近ではB社は開発期間を1年に短縮するように努めている。それは製品寿命が2年になってきたからである。

ユーザーのほとんどがコストを削減し納期を短縮できるような高効率の工作機械を求めている。このニーズに応じて、B社は高速主軸や、工具の高速送りと精密仕上げとを同時に可能にする制御システムを開発してきた。これによって金型の生産工程数が削減され、納期が短縮された。

B社は主に金型加工用の工作機械を開発してきたが、1980年代後半に部品加工用のMCを開発した。しかしその売上は期待を下回った。そこでB社は伝統的な考え方にあまり影響されていないと思われた若い技術者を研究開発センターから選び出して、別の機種の開発を要請した。彼らは市場調査をした上で、2年後の89年に新しい高速主軸を搭載したMCを開発した。この高速主軸の最大の特徴は、わずか1.6秒で最高の回転速度に達することができる点であった。B社の説明によれば、主軸の回転開始と回転停止にかかる時間（非切削時間）が従来の高速主軸では機械の運転時間の20～30%を占めていたが、この新しい主軸によってこの非切削時間の大半が削減され、機械の効率が高まった。このMCは97年初めまでに1,800台以上が販売された。このMCはその後も改良が重ねられ、97年3月までにはその4代目の改良機が発売された。また約1年の開発期間ののち、94年には大形の機種も開発された。

B社は自社製品の開発期間の短縮に努めているが、むしろそのユーザーの生

産時間とコストを削減できる機械製品の開発を重視してきたのである。

### 3 製品開発プロセス

B社には製品開発のための標準的な開発手順はなく、新しい工作機械の開発を始めるたびに開発期限と開発日程を決めることにしている。第4図はB社の製品開発手順の概要を、訪問調査にもとづいて示したものである。

営業部は商品開発グループにたいして製品にたいするユーザー・ニーズの情報を毎日伝達している。同グループの中心的な技術者たちはこの情報をたえず把握することを要請されている。技術者たちは、ユーザーのニーズを正確につかむために営業部の社員といっしょに顧客のところへ足をはこぶこともある。このようにして得た顧客情報をふまえて、商品開発グループの機械技術者たちは、市場でよく売れる新製品の設計に取りかかるのである。

第4図 B社の新製品開発手順の概要 (1995—1997年)

段 階		期 間
調査/構想	広範なユーザー・ニーズの市場調査 新製品の構想	3か月から1年、時には2年
設 計	開発プロジェクト発足 (人選) 基本設計 詳細設計 ユニット設計	1年、最近は半年
試作/テスト	ユニット製作、組立 テスト 再設計	
製 造	機械加工、ユニット組立 最終組立 オプションユニットの設計と製造	1年、最近は半年 [数か月] [数か月から1年]

出所：B社での聞き取り調査による。

新しい機械を開発するために、商品開発グループ内の4つの課の1つから人選された機械技術者たちによって開発プロジェクトが設立される。技術者の1人がプロジェクト・リーダーになる。プロジェクトのメンバーは毎週あるいは定期的に会合を持ち、また必要に応じて随時話し合う。機械技術者たちは職場が近い制御開発グループの技術者とも日常的に話し合いをする。なお、仕事の負荷が大きい技術者を助けるために派遣会社から数名の設計技術者が投入されることもある。

機械技術者たちは、必要なときはいつでも、機械の仕様について営業部の社員や制御開発グループの技術者と相談する。しかし設計を完成させる最終的な責任は機械技術者にある。製造部や生産技術部の社員でも設計そのものに参加することはない。

新しい機種については平均して2台の試作機が製作される。試作機は予定仕様を基準にテストされ、製造し易さやコストについても評価される。機械の仕様が最優先事項でないときは、製造し易さが重視される。耐久テストのために試作機を同社の工場で使うこともある。B社にはテスト専門の技術者はいないので、設計した機械技術者が自分で試作機をテストする。

プロジェクト・リーダーのもとで、各機械技術者は、主軸、テーブル、ベッド、ATC（自動工具交換装置）などの工作機械ユニットの1つまたはいくつかを担当する。特定のユニットを専門とする技術者はいない。技術者たちはあらゆるユニットを担当するように配置転換される。かれらはどのユニットでも設計できるように養成され、それによって将来、新しい機械の構想設計を担当できるようになることが期待されている。最近では、開発が予定より遅れるのを防ぐため、以前担当したユニットと同じユニットをまた担当することもあるが、配置転換は依然として重視されている。B社は構想設計を担える高い能力をもった技術者を必要としているからである。

#### 主軸の開発

新しい主軸の開発には2年かかることもある。それは主軸の試作品の実験や

テストに時間が必要だからである。主軸の再設計には3か月かかる。主軸はB社の工作機械にとって中核的なユニットであるので、ほかの企業からの援助なしに自社開発している。社外の設計会社から来た技術者が参加することはあるが、あくまでも補助的である。ただ主軸用の軸受については、自社だけでは能力不足であるため、外部の軸受メーカー数社と共同開発している。

#### NCの開発

B社は民間初のNCフライス盤を開発して以来、ある大手NC装置メーカーと協力してNC装置を開発してきたが、のちに数社のNC装置メーカーからNC装置を調達するようになった。さらに1994年には子会社を設立し、その子会社が複数のNC装置メーカーからNC装置を購入し、必要に応じて標準的NC装置を改造した上で、これらのNC装置をB社に売ることになった。今はB社はすべてのNC装置をこの子会社から購入している。またB社はモーターのような電気装置も他社から購入している。

しかしB社は、製品の工作機械をより独創的にし、最高水準の技術を維持するために、独自の技術を既存のNC装置——その一例が前述の高速主軸のための制御システムの開発である——や、モーターに付加してきた。

#### 4 サプライヤーおよび他企業との関係

機械部品、ユニット、機械加工外注などを含めると、500以上の企業がB社のサプライヤーになっている。それらのサプライヤーには、自分の製品である機械部品やユニットの供給者と、B社が設計した（またはB社との契約にもとづいて設計された）部品やユニットの供給者や加工業者とがある。

前者のサプライヤー群に属する企業は約400社あり、モーター、ボールねじ、軸受などをB社に供給している。これらの企業はほとんどが中規模企業か大企業である。前述のようにB社は主軸の軸受を数社の軸受メーカーと共同開発している。

後者のサプライヤー群は約100社あり、歯車、NC装置、ATCなどの部品や

ユニットをB社に供給するところと、板金加工、塗装、磨き仕上げ、焼き入れなどの特定の製造工程を請け負うところがある。これらの企業の規模は従業員数10人から100人がほとんどである。

B社には子会社が数社ある。そのうちの1つは前記のNC装置を供給する子会社である。さらに小形の鋳物をB社に供給する子会社が東南アジアに1社ある。

#### 5 製品開発における設計部門と製造部門との協調

試作機が製作される前に機械技術者と製造部の社員が図面をいっしょに見ながら打ち合わせと調整を行なう。しかし製造部が設計の過程そのものに参加することはない。

#### 6 CAD および CAM

B社は1974年以降、すべての設計作業を2次元CAD上で行なってきた。各課の技術者の要望に応じてCADシステムを導入してきたので、現在では4種類のパソコン・ベースのCADシステムが使われている。全体で150セットのCADシステムが導入され、設計作業に従事する機械技術者と電気技術者に1セットずつ配置されている。異なるCADシステムによる図面データ間の互換性が将来は問題になるかもしれない。

B社の技術者がCADシステムを導入したのは製図の時間を短縮し、それによって図面のミスを点検する時間的余裕をひろげるためであった。この余裕があるほど、設計ミスを減らすことができるからである。従ってCADの導入は、設計にかかる時間全体を短縮するためではなかった。開発期間の短縮はむしろ製造工程の改善によって達成しようとしている。そしてそのためにこそ設計ミスをなくす必要があるのである。

3次元CADシステムは2セットあり、工作機械部品相互の干渉のチェックや工作機械の構造解析に利用されている。しかし2次元CADで作った図面

データを3次元CADシステムのデータとして直接利用できないため、後者へのデータ入力に手間がかかるのが現状である。3次元CADシステムがもっと使いやすくなり、もっと価格が下がれば、設計ミスによる再設計の作業が減ると考えられている。設計ミスが早期に除去されれば、生産の流れの中断が減るだけでなく、開発期間が短縮されるのである。

ところでCADシステムの欠点について、B社の技術者の間では次のことも認識されている。つまりCADしか知らないで、実際の機械部品や機械そのものについての実体験が乏しいならば、CADで設計された部品の剛性や荷重の変化を予測しきれず、その結果、設計ミスの発見や、ミスしやすいポイントの点検が不十分になりうることである。

製造部ではCAM（コンピューター支援製造）システムを使ってNCプログラムを作成し工場設備を動かしている。いまはまだCADの図面データをCAMシステムで使える情報にすぐに変換することはむずかしいが、CAMシステムが改良されれば効率は高まると考えられている。

## 7 人材養成

技術者の能力向上のために特別な訓練が行なわれることはなく、かれらの技能はOJTを通じて養成されている。機械技術者は、前述のように、どんな製品のどのユニットでも設計できるように訓練される。これは、B社が、新製品の機械の構想設計全体を担当できるような熟練した機械技術者をできるだけ多く必要としているからである。ただし、商品開発グループと制御開発グループとの間の配置転換はほとんどない。

かつてはB社の技術者は入社するとまず2年間は工場で働いて製造の知識を身につけていたが、この慣行は1992年以降なくなった。こうした製造上の経験によって成長期の技術者が伝統的な考え方にとらわれるようになり、新しいアイデアや構想の創造を妨げる可能性があると考えられたからである。その代わり、新入社員の技術者のために、製品に関する具体的な問題や実際のユー



ザー・ニーズに取り組むような訓練プログラムを研究開発センターの所長が作成するようになった。たとえば試作機のテストはそれを設計した技術者自身が行なければならないし、自分が設計した機械にトラブルが生じたときは、そのユーザーのところに赴いて自分の目で確かめなければならない。このような訓練方法の方が製造作業の経験よりも、最新技術に対応しながら充れる機械を設計する技術者能力を向上させることに有効だと考えられている。

## 8 生 産

ほとんどのユニットの機械加工と組立は3か月で終わる。それから最終組立が始まる。それと平行してオプション部品やオプション・ユニットが設計され製造される。これはふつうは2、3か月でできるが、特別なものは1年かかることもある。

B社は1983年以来、社内でFMSを稼働させていたが、1994年にこれを解体して、数基のMMC（モジュール・マシニング・コンプレックス）と呼ばれる小規模なFMSに入れ替えた。かつてのFMSは多数のMCで構成されていたが、MMCは1台ないし2台の高速MCを備えたシステムである。かつてのFMSでは生産する製品を変更すると大規模なシステムの多くの要素を手直ししなければならなかった。B社の製品が多様になるにつれて、FMSのソフトウェアの手直しはますます複雑な作業になっていった。また、FMSに組み込まれている古いMCを最新の高速MCに取り替えようとする、システム全体の多くの部分を直さなければならず、非常に複雑な作業となった。現在は、個々の工作機械ユニットを製造する部署ごとにMMCが1基ずつ設置されている。各MMCは小規模なので、MCを新しいものに取り替えることも容易になり、また製品変更にとまなうシステムの手直しも以前よりは簡単になった。これはユーザー・ニーズの変化や市場の変化に対応した生産の柔軟な変更にとって有効である。なお、各MMCは夜間の無人運転も可能である。

## IV む す び

日本の大手 NC 工作機械メーカーにおける製品開発システムの特徴を要約するならば、(日本の雇用慣行にもとづいた) 漸進的開発あるいは継続的改良である。その前提には、見込み生産のために一定の量産規模を確保して価格競争力をもつ必要があるという要因がある。その上で、日本の工作機械メーカーは、広範なユーザーを獲得するために一定の基本仕様をもとに製品をシリーズ化し、そしてユーザー・ニーズに対応するように新技術を漸進的に取り入れながら製品シリーズを改良し、その積み重ねの上で次の製品シリーズを構想するという製品戦略をとってきたのである<sup>6)</sup>。

今回の調査研究をつうじて顕著だったことは、工作機械メーカーがユーザー・ニーズ (あるいは市場のニーズ) を重視する姿勢である。これを掌握するか否かが企業の存続を左右するという認識が表れていた。A社では全社的な委員会の場で営業部の意見を製品構想に反映させており、B社では営業部からの恒常的な情報の掌握を機械技術者に求めたり、機械技術者自身がユーザーのもとに出向いて情報を直接把握することを重視している。両社では共通して、製品開発に従事する機械技術者たちが、主として営業部からの市場の情報を重視し、「売れる機械」の開発を共同の目標にしている。製品開発における社内の組織間の連携や協調が問題にされるが、日本ではその前提に営業部からの市場の情報への重視が存在するのである。ただし機械設計に責任をもつのは機械技術者であって、営業部と共同で設計するわけではないことも共通していた。

機械技術者と電気技術者という異質な技術の連携の問題については、まず両者の組織が別であること、開発チームは機械技術者だけで組織されることは両社に共通であった。NC 装置の仕様の決定については、A社は機械技術者が決

6) 高機能製品と低価格製品とを組み合わせるフルライン戦略 (新宅 [1994]) の優位性については、市場シェア拡大の前提にある量産体制との関連を希薄にするとフルライン戦略の問題点を看過することになる。

めることが明確であったが、B社では機械技術者が指定するものの、職場の近さによる電気技術者とのインフォーマルな交流も強調された。いずれにしても電気技術者とのインフォーマルな情報交流をふまえつつも機械技術者がNC装置の仕様を決定すると結論できる<sup>7)</sup>。所属部署や権限の相違が問題として表面化することなくインフォーマルなコミュニケーションにより「売れる機械」の開発と会社の成長への貢献が追求される日本的な製品開発システムの特徴がここにも表れている。

製品設計にたいする製造部の関与について、試作機の製作の前後に設計技術者と製造部がいっしょに製造し易さを検討すること、そして設計の修正自体は設計技術者の責任で行なわれることが両社で共通していた。ただし、A社では全社的な委員会をふまえて設計部と製造部がいっしょに検討し、B社ではインフォーマルな打ち合わせが中心で、機械の仕様が優先されることもあるという違いはあった。ところで、アメリカでは技術者間の明確な責任権限ならびに人材の流動性を背景にして、「工程エンジニアに対して製品エンジニアが堀越しに設計図を投げる」<sup>8)</sup>という方式が見られた。この観点を単純に延長すると設計と製造との関係に議論が限定されやすい。この研究で明らかになったのは、日本では設計と製造との関係より以上に営業部からの市場の情報が重視されていることである。設計技術者は製造し易さよりも自己の設計の特徴を優先する<sup>9)</sup>ならば製造コストをふくらませ企業の成長に寄与しないことを日常的に意識しているのである。この設計技術者自身の日常的なコスト意識こそ日本の製品開発システムが生み出した大きな特徴なのである。その表れが、製造し易さの実現のための部品数の削減である。これは移動組立方式をとる場合にはとくに重

7) 最近のNC装置にはユーザーをサポートする種々のソフトウェアが内蔵され、これが工作機械の販売にも重要になっている。ただ、PCのようなハードウェアの標準化はNC工作機械ではむずかしいので、ソフトウェアの開発がハードウェアの仕様を主導するという関係になることは現状では展望できない。

8) Clark & Fujimoto [1991] p. 215. さらに *ibid.* p. 209 も参照。

9) これは欧米の研究開発の指導原理とされる「NIH マインド (not invented here)」との違いを念頭に置いている (古川 [1994] 309ページ)。ただし本稿では、こうしたマインドは雇用システムの違いから派生したものとして捉えている。

要になる。

CAD システムの導入と利用については、まず2次元 CAD による設計が両社ともに支配的になっており、従来の手作業による製図作業と比べて設計作業を効率化したことは明白であった（とくに図面の変更や再利用において）。ただ CAD の利用が開発期間の短縮に寄与したかどうかについては、その短縮のために CAD を導入したというよりも、設計作業の効率化によってできた余裕時間は CAD 図面内の設計ミスの点検除去に使われていることが分かった。設計ミスが設計修正や生産のやり直しによる無駄なコストを発生させていたこれまでの経験をふまえ、設計ミスを除去するための時間的余裕を設計技術者に与えることがまず重視されているのであろう。従って CAD の導入が設計コストそのものを削減させたかどうかは別にしても、CAD の導入のねらいが生産時間（ひいては納期）の短縮と生産コスト（の無駄）の削減にあることは明らかになった。ただし製造用の NC プログラムは現場で図面をもとに作られることが多いことも両社で共通していた<sup>10)</sup>。

一方、近年の製品設計の分野、とくに金型業界で顕著な3次元 CAD の導入は、工作機械の設計ではどうなのか。この研究によれば、3次元 CAD は構造解析などに必要に応じて利用され、設計ミスの除去に有効であった。ただし金型のような3次元の複雑曲面は工作機械部品にはまれであるため、2次元 CAD のデータをすぐに3次元 CAD のデータに使えないことによるデータ作成の手間や、工作機械設計に十分に有効な3次元 CAD システムが高価であることなど、今の3次元 CAD の問題点が障害になっていることも指摘された。しかし、ワークステーションから PC への移行、3次元 CAD ソフトの改良向上、そして関連業界での3次元 CAD の普及などが進めば、工作機械設計にも影響をあたえていくであろう。

10) 訪問調査の中で、設計図が製造現場で手直しされるという事例も聞かれた。これは日本の製造現場の優秀さを表しているが、設計技術者の権限との関係や CAD 図面との整合性の問題にも波及する。

中核的ユニットの一つである NC 装置の開発に関して、NC 装置の仕様の決定における機械技術者の優位についてはすでに述べた。B社では、市販の標準的な NC 装置に機械メーカーの独自の技術や、個別のユーザー・ニーズに応じた機能を追加する努力が注がれた。これまで日本の NC 工作機械メーカーは、世界最大かつ独占に近い日本の NC 装置メーカーの技術を一つの基盤として輸出競争力を築いてきたが、低価格競争の影響を受けにくくするには、製品コストのかなりの部分を占める NC 装置（およびそのソフトウェア）においても他の工作機械メーカーと差別化することが必要になってきたのであろう。一方、A社は独自の NC 装置を開発してきたことが優位性になっているが、量産能力をもつ大手の NC 装置メーカーよりも製造コストが割高になれば、A社の NC 工作機械の価格競争力を引き下げてしまう。したがってここから A社は量産指向となるのである<sup>11)</sup>。

主軸については各社とも高速化のため冷却や潤滑についてさまざまな技術を開発しているが、主軸の研究開発体制におけるA社とB社の違いなどはまだ十分に明らかではない。

工作機械メーカーと他企業との関係については、NC 装置、モーター、ボールねじ、リニアガイドなどの主要部品は大企業からの購入となっていることが確認された。一方、この研究で注目されるのは、設計作業やソフトウェア作成などの外注化がかなり進んでいることであった。A社において部品設計の半分以上が外注されている事実については、子会社との特殊な関係によるとも考えられるが、激しい景気変動を考慮して親会社の正社員の人数を抑制しているためとも考えられる。ただ人件費の格差との関係については訪問調査では把握しにくい問題もある。

技術者養成については、社外からの人材獲得ではなく、社内での配置転換をはじめとする OJT をつうじた人材養成が追及されているという日本的なシス

11) 後発の NC 装置メーカーとの共同開発により事実上の独自仕様の NC 装置を大量に調達している人手工作機械メーカーもある。

テムが検証された。人材の流動を含まないこのシステムにより既存機種の設計技術が社内で受け継がれ、漸進的开发と継続的改良が遂行された。そして、技術者に個々のユニットや個々の機種の設計を経験させ、これをもとに製品全体の構想設計を遂行できる人材を養成してきたのである。しかし横並び的な技術開発から独自で独創的な技術開発への移行をはかるとするならば、社外からの人材獲得も考えざるをえないであろう。

なお、技術者の新人社員研修においてB社では製造の経験よりも市場のニーズとの接触を重視する方向への転換が見られた。もっとも、CADが常用される中で製造の経験の必要性が見直される可能性もある。管見であるが、B社ではこれまでむしろ技術指向、現場指向であったため、市場のニーズに敏感な技術者を既存の技術陣の中に投入する必要があったのではないだろうか。ただ、製造現場での研修が長すぎると若手技術者が流出する可能性もある。設計能力の向上のために製造の経験をどれだけ取り入れるかについては試行錯誤が続くと予想される。

さて、この調査研究はバブル経済が崩壊して工作機械需要が半減したあとの時期に行われた。この時期に工作機械メーカーは見込み量産体制を維持できなくなり、ユーザーも納期短縮とコストダウンの新たな圧力を受けた。そこで工作機械メーカー各社はいっせいに高速主軸や高速送りなどの技術開発を追及するという同質的競争を展開した。従ってこの調査研究には、日本の雇用慣行をベースとした日本的な製品開発システムの特徴だけではなく、バブル経済崩壊後という時代的特徴、さらにこれまでの製品開発システムの変容を暗示する事象も混在している。その帰趨は次の調査研究の課題でもある。

(付記) 本稿は主としてKobayashi [2000] で明らかにした調査結果にもとづいているが、「第Ⅳ節 むすび」はChapter 9.5の視点からChapter 9.4を書き改めた。なおKobayashi [2000] は、Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung 主催の International Conference on New Product Development and Production Networks (Berlin, March 20-22, 1997) における筆者の報告に加筆したものである。

## 参考文献

- 明石芳彦・植田浩史編 [1995] 『日本企業の研究開発システム』東京大学出版会。
- Clark, K. and Fujimoto, T. [1991] *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Harvard Business School Press. (田村明比古訳 [1993] 『[実証研究] 製品開発力』ダイヤモンド社)。
- 藤本隆宏・安本雅典編 [2000] 『成功する製品開発 産業間比較の視点』有斐閣。
- 後藤晃 [2000] 『イノベーションと日本経済』岩波書店。
- Jürgens, U. (ed.) [2000] *New Product Development and Production Networks: Global Industrial Experience*, Springer-Verlag.
- 小林正人 [1992] 「日米工作機械産業の盛衰——産業技術発展の日米比較のために——」『岐阜経済大学論集』26巻2号。
- [1993] 「日本工作機械産業の技術発展の統計的分析——その独特な世界的地位」(竹岡敬温・高橋秀行・中岡哲郎編『新技術の導入——近代機械工業の発展』同文館)。
- 小林正人・大高義穂 [1995] 「工作機械産業」(日本産業学会編『戦後日本産業史』東洋経済新報社)。
- Kobayashi, M. [2000] "Changing Strategies and Processes in the Japanese Machine Tool Product Development" in Jürgens (ed.) [2000].
- 三井逸友編 [1999] 『日本の生産システムの評価と展望』ミネルヴァ書房。
- 日刊工業産業研究所 [1998] 『日本の金属加工機械優良112社』日刊工業新聞社。
- 日本工作機械工業会技術委員会技術開発部会 [1995] 『[工作機械技術の現状と課題] 報告書』。
- Parkinson, D. C. [1994] "National Differences in Product Development Performance: A Comparative Study of American and Japanese Machine Tool Companies," Ph. D. dissertation, University of Pennsylvania.
- 坂本清編 [1998] 『日本企業の生産システム』中央経済社。
- 塩見治人・堀一郎 [1998] 『日米関係経営史』名古屋大学出版会。
- 新宅純二郎 [1994] 『日本企業の競争戦略』有斐閣。
- 吉川弘之監修, JCPI 編 [1994] 『メイド・イン・ジャパン 日本製造業変革の指針』ダイヤモンド社。